1906

Überreicht vom Verfasser.

IMPERIAL BUREAU OF MYCOLOGY
2 JUL. 1921

Sonder-Abdruck

aus den

Berichten

der

Deutschen Botanischen Gesellschaft

BERLIN

GEBRÜDER BORNTRÆGER

SW 11 DESSAUER STRASSE 29

1906

Sonder-Abdruck

aus den

Berichten

der

Deutschen Botanischen Gesellschaft

Sonderabdruck aus den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft.

Jahrgang 1906, Band XXIV, Heft 2.

17. Otto Appel: Zur Kenntnis des Wundverschlusses bei den Kartoffeln.

Mit Tafel IX.

Eingegangen am 23. Februar 1906.

Die Tatsache, dass die Kartoffel Wunden sehr rasch und vollständig abzuschliessen vermag, ist seit langem bekannt, und auch die Bedingungen, unter denen dies vor sich geht, sind schon häufiger untersucht worden. Am eingehendsten ist dies geschehen durch KNY[1]) und in neuester Zeit durch OLUFSEN[2]). Diese Untersuchungen legten den Hauptwert auf die Bildung des Wundperiderms, das bei

1) KNY, Über die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äusseren Einflüssen. Ber. der Deutschen bot. Ges., Bd. VII (1889) S. 154—168.

2) OLUFSEN, Untersuchungen über Wundperidermbildung an Kartoffelknollen. Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Bd. XV. (1903.) S. 269—308.

Sauerstoffzutritt in mässig feuchter Luft innerhalb einer bestimmten, kurzen Zeit gebildet wird.

Aus der Kenntnis dieser Tatsachen glaubte man bisher auch völlig genügend die praktische Erfahrung erklären zu können, dass Saatkartoffeln, die vor dem Auslegen geschnitten werden, dann im allgemeinen genügend geschützt sind, wenn sie ein bis zwei Tage an der Luft gelegen haben, ehe sie in den Boden gebracht werden. Nun tritt aber innerhalb von ein bis zwei Tagen noch gar keine Peridermbildung ein, vielmehr beginnt diese im günstigsten Falle am dritten Tage und findet ihren Abschluss dann in zwei weiteren Tagen. Man könnte nun annehmen, dass die Zeit des Trockenliegens der Peridermbildung einen genügend grossen Vorsprung gibt gegenüber den Angriffen, die von Bakterien und Pilzen im Boden auf der Wundfläche erfolgen. Diese Annahme könnte auch wohl langsamer wachsenden Pilzen gegenüber aufrecht erhalten werden, nicht aber den intensiv angreifenden Fäulnisbakterien. Da diese letzteren, wie ich gezeigt habe[1]), in wenigen Stunden mehrere Zelllagen tief die Zwischenzellsubstanz zu lösen und damit die Zellen zu isolieren vermögen, würde ihnen natürlich auch die Zeit vom zweiten Tage nach der Verletzung bis zum Beginne der Peridermbildung genügen, um in der Knolle tiefer einzudringen und die Peridermbildung zu verhindern. Tatsächlich zeigte auch eine vergleichende Impfung mit einer frisch durchschnittenen und einer 24 Stunden im feuchten Raume bei etwa 20° C. angeschnitten aufbewahrten Kartoffel, dass schon nach dieser Zeit ein so intensiver Schutz auf der Wundfläche vorhanden ist, dass die aufgetropfte Aufschwemmung einer hochvirulenten Kultur von *Bacillus phytophthorus* Appel nicht anzugreifen vermochte. Die Impfung der frischen Wundfläche hatte dagegen den Erfolg, dass nach 10 Stunden die Zellen etwa einen Millimeter tief — also schon über die Zone einer normalen Peridermbildung hinaus — von einander gelöst waren und sich als Brei wegnehmen liessen.

Nun ist bekannt, dass Zellmembranen an der Luft verkorken können, und auch KNY[2]) hat beiläufig erwähnt, dass „nicht nur die äussersten Zellen des Wundperiderms selbst, sondern auch der oberflächlichen an der Schnittfläche gelegenen Zellen, welche sich nicht geteilt hatten, nach Behandlung mit Chlorzinkjod braun geblieben waren und sich resistent gegen konzentrierte Schwefelsäure zeigten". Es lag daher nahe zu untersuchen, ob nicht diese Verkorkung der

1) APPEL, Untersuchungen über die Schwarzbeinigkeit und die durch Bakterien hervorgerufene Knollenfäule der Kartoffel. Arb. aus der Biol. Abt. am Kaiserl. Gesundheitsamt. Bd. III (1903.) S. 364–432.

2) l. c., S. 162.

äussersten Zelllagen eine grössere Rolle als Wundschutz spielt, als man ihr bis jetzt zugewiesen hat.

Bei den zu diesem Behufe vorgenommenen Versuchen zeigte sich nun folgendes:

Werden DABER'sche Kartoffeln der Länge nach durchschnitten und im mässig feuchten Raume bei etwa 20° C. gehalten, so war nach etwa 12 Stunden bereits ein vollständiger Verschluss der ganzen Wundfläche dadurch eingetreten, dass die Membranen der direkt unter der Wunde liegenden unversehrten Zellen an der von der Wundfläche abgewandten Seite sich mit Gentianaviolett-Ammoniak[1]) intensiv blau färbten. Die Reaktion dehnte sich auch auf die nächste darunterliegende Zellreihe aus, hier jedoch nur auf die der Wundfläche zugekehrte, d. h. also die der ersten Zellreihe anliegende Seite. Hierdurch entstand eine ununterbrochene scharf hervortretende Linie (Abb. 1), die auch bei Behandlung der Schnitte mit Chlorzinkjod nicht gefärbt wurde und der konzentrierten Schwefelsäure Widerstand leistete.

Eine biologische Untersuchung bestätigte dies Ergebnis. Tropft man auf eine solche Fläche eine Aufschwemmung von virulenter *Bacillus phytophthorus*-Kultur auf, so dringen die Bakterien nicht ein. Benutzt man abgeschwächte Kulturen, so entwickelt sich kein Wuchergewebe, wie dies sonst bei der DABER'schen Kartoffel der Fall ist[2]).

Diese einfache, nach zwölf Stunden bereits vollendete Korkeinlagerung in einem Teil der Zellwand der ersten und zweiten Zelllage unter der Verletzung genügt also schon, um die Wunde gegen eine Infektion zu schützen.

Beobachtet man den weiteren Verlauf des Verkorkungprozesses, so zeigt sich, dass zunächst die gesamte Membran der beiden äussersten Zelllagen ziemlich gleichmässig verkorkt und diese Verkorkung regelmässig weiter nach innen fortschreitet. Bei der DABER'schen Kartoffel treten dann bereits nach 48 bis 60 Stunden in der dritten oder vierten Zelllage die Querwände des bekannten Wundperiderms auf, die dann mitsamt der Wand der Zelle, in der sie entstanden sind, ebenfalls von aussen nach innen fortschreitend, verkorkt (Abb. 2). Unter normalen Verhältnissen erreicht damit die Bildung des Wundverschlusses ihr Ende. Nur selten finden sich tiefer im Inneren noch einmal vereinzelte Teile von Zellwänden, die eine Korkreaktion geben, dagegen ist dies stets der Fall bei den Gefässen, die noch bis tief hinein eine deutliche Blaufärbung mit Gentianaviolett - Ammoniak

1) TISON, Méthode nouvelle de coloration des tissus subéreux. Compt. rend. de l'assoc. franç. pour l'avencem. des sc. 1899, p. 454.

2) Über das eigentümliche Verhalten verschiedener Kartoffelsorten gegenüber den Angriffen von pathogenen Bakterien werde ich an anderer Stelle ausführlicher berichten.

zeigen. Da dies unter anderen Verhältnissen nicht der Fall ist, nehme ich keinen Anstand, daraus auf eine Beteiligung tiefer liegender Zellkomplexe an der Wundkorkbildung zu schliessen. Dabei würden die herangeführten Substanzen bereits in den Gefässen soweit umgewandelt sein, dass sie die Korkreaktion geben.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn die angeschnittenen Kartoffeln trocken und warm — also etwa im geheizten Zimmer liegen. Dann kommt eine Verkorkung der äusseren Zellen in der oben geschilderten Regelmässigkeit nicht zustande. Dagegen sehen wir bis tief in das Gewebe hinein — ich zählte bis etwa 20 Zelllagen — die Wände einzelner Zellkomplexe und vor allem die Wandteile, die an Intercellularräume angrenzen, eine Korkreaktion geben (Abb. 3). Wir haben hier den Fall, dass der Wundreiz von aussen her nicht wirken kann, weil die äussersten Zellen zu rasch vertrocknen und damit für die Fläche einen Verschluss bilden, der den Sauerstoff und die Feuchtigkeit, die beide zur Verkorkung der Zellen, wie auch zur Peridermbildung nötig sind, völlig abhält. Da aber in den Intercellularen bis zu einer gewissen Tiefe Luft eindringen kann und sich dort die Feuchtigkeit länger hält, werden wenigstens die nächstliegenden Zellen veranlasst, Kork in ihren Wänden abzulagern. Legt man solche Kartoffeln dann in feuchte Erde, so tritt nachträglich eine reguläre verkorkte Zone ein, und zwar entsteht diese in der ersten Zelllage unter den wiederaufgeweichten, aber durch Austrocknung zu Grunde gegangenen Zellen. Die Peridermbildung tritt dann entsprechend tiefer ebenfalls auf.

Sehr häufig kommen diese Fälle in der Praxis vor, wenn die zur Aussaat zerschnittenen Kartoffeln 1—2 Tage sehr trocken, z. B., wie es manchmal geschieht, in der Sonne liegen und dann in den Boden kommen. Dann weichen die zusammengeschrumpften äussersten Zelllagen allmählich auf und werden gleichzeitig zersetzt; währenddem aber bildet sich die erste verkorkte Zellwand und gebietet dem Fortschreiten der Fäulnis Halt, und gleichzeitig werden die etwa durch die Intercellularen eindringenden Fäulnisorganismen durch die weit ins Innere gehende Verkorkung der angrenzenden Wandteile verhindert, in das Gewebe einzudringen.

Die Berücksichtigung aller dieser Verhältnisse klärt das Problem des Wundverschlusses bei der Kartoffel nach mancherlei Richtung auf. Dass die zwischen Wundfläche und Wundperiderm liegenden Zellen nicht durch die Verletzung mitgetötet werden, wie es MASSART[1]) anzunehmen schien, hat schon OLUFSEN[2]) nachgewiesen. Andererseits ist aber der Schluss, den letzterer[3]) aus dem Abschmelzen der

1) MASSART, La cicatrisation chez les végétaux. Bruxelles 1898, p. 31.
2) l. c., S. 282 und 286.
3) l. c., S. 286

Stärke in diesen Zellen zog, nämlich, dass es der Knolle besonders darauf ankomme, „die Stärke der Zellen vor der Initialzelle (wie er die peridermbildende Zelle nennt) zu retten, bevor der Weg durch die sich verkorkenden Peridermwände verbaut ist," auch nicht aufrecht zu erhalten. Aus diesem Satze scheint mir doch deutlich hervorzugehen, dass OLUFSEN eine Rückwanderung der Stärke in centripetaler Richtung annimmt. Da aber dem Abschmelzen der Stärke in diesen Zellen eine Verkorkung der Membranen entspricht, so dürfte wohl die Anschauung richtiger sein, dass die Stärke an Ort und Stelle verbraucht wird.

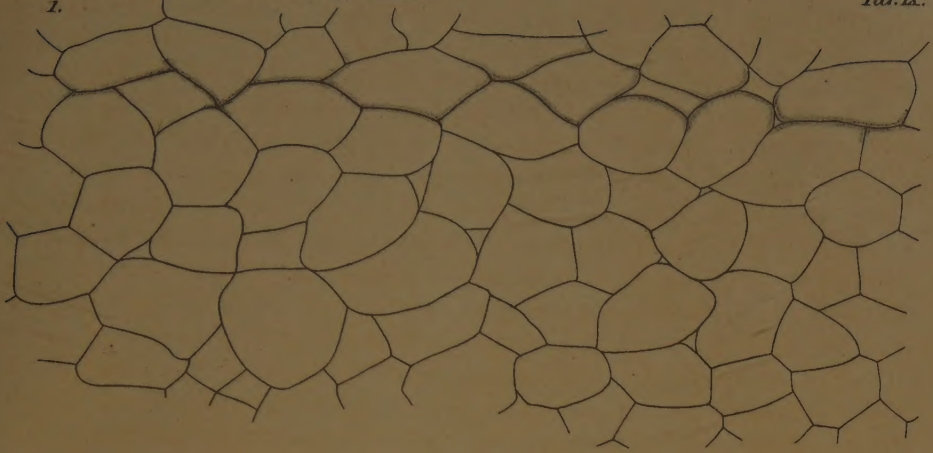
Auch die Mithilfe der tieferen Gewebe an der Peridermbildung war bisher noch nicht klargestellt. Während es MASSART[1]) noch zweifelhaft lässt, ob die Stärke hinter der Initialzelle benutzt werden kann, kommt OLUFSEN zu der Ansicht, dass die Zellen hinter dem Periderm ihre Stärke nicht abgeben. Da nun aber sich viel tiefer die Gefässbündel mit Gentianaviolett-Ammoniak blau färben, scheint es mir wahrscheinlich, dass sie auch aus entfernter liegenden Gewebselementen Stoffe für die Peridermbildung heranführen.

Endlich verschiebt sich das ganze Bild der Reizwirkung etwas. Die für die der Wundfläche zunächst liegenden Zellen gebrauchte Bezeichnung „überschlagene Zellen" ist nicht mehr anwendbar, man müsste denn den Wundreiz nicht mehr als einen einheitlichen, sondern als zwei gleichzeitig wirkende Reize auffassen. Dann wäre ein Reiz anzunehmen, auf den die Zelle durch Verkorkung ihrer Membran wirkt, und ein anderer, der, als Fernreiz, tiefere Zelllagen zur Teilung anregt. Viel natürlicher scheint es aber, den Begriff des Fernreizes fallen zu lassen und in dem Entstehen der Wände den Kulminationspunkt des Gesamtreizes anzunehmen. Der Wundreiz würde dann zunächst zur Korkbildung in den nächsten Zellen anregen, und zwar von aussen nach innen fortschreitend unter völliger oder teilweiser Benutzung der Stärke der betreffenden Zellen, er würde aber weiter einen Zustrom korkbildender Substanz aus den tiefer liegenden Geweben veranlassen, der gleichzeitig zur Anhäufung wandbildender Substanzen und damit zur Entstehung des eigentlichen Wundperiderms führt. Mit dem Aufbau dieser Wände wird dann das Innengewebe gegen eine weitere Reizwirkung abgeschlossen, und der ganze Prozess hat damit sein Ende erreicht.

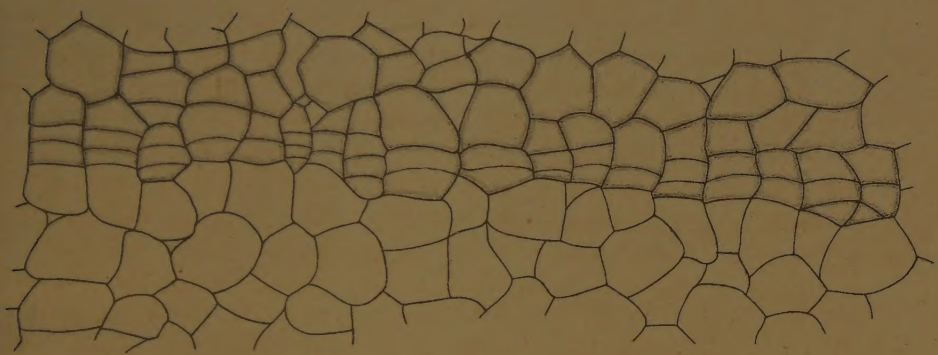
Wie wesentlich die ja schon von KNY und OLUFSEN nachgewiesene Bedeutung der Luft bezw. des Sauerstoffes ist, geht des weiteren aus dem Auftreten von Korklamellen rings um die Intercellularen hervor.

1) l. c., S. 34.

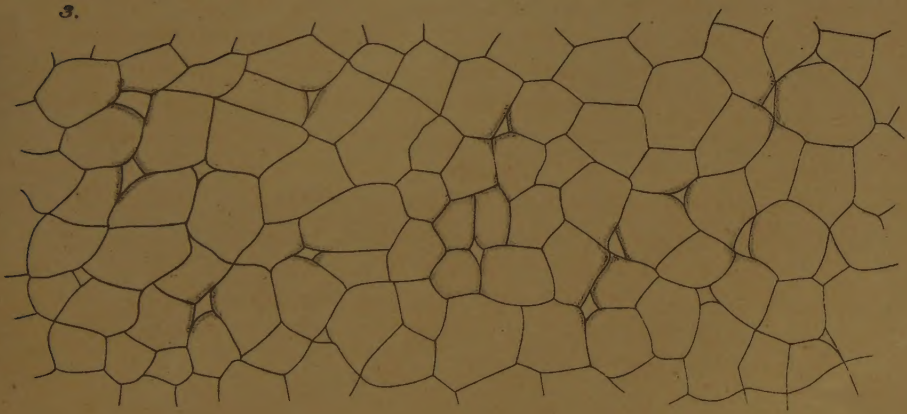
1.



2.



3.



E. Laue lith.